

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09232917 A**(43) Date of publication of application: **05 . 09 . 97**

(51) Int. Cl.

**H03J 7/02****H04B 7/01****H04L 27/227**(21) Application number: **08038104**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**(22) Date of filing: **26 . 02 . 96**(72) Inventor: **KIMURA YASUYUKI**

(54) **RADIO COMMUNICATION EQUIPMENT  
PROVIDED WITH FREQUENCY COMPENSATING  
FUNCTION**

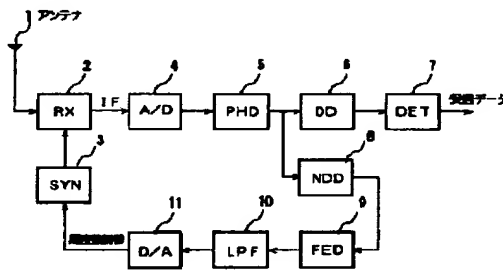
on this frequency error signal, the frequency error is corrected as well.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a radio communication equipment provided with frequency compensating function for correcting even a phase error lower than the quantization level of a phase detection circuit as well.

**SOLUTION:** A radio communication signal from a base station is inputted through an antenna 1 to a reception circuit 2, converted to an intermediate frequency signal at this circuit while using the received local oscillation signal of a frequency synthesizer 3, sampled by an A/D converter 4 and inputted to a phase detection circuit 5 later and the phase of the received signal is detected. The phase detected at this circuit is inputted to an (n)-symbol phase difference detection circuit 8, and the phase difference signals of phase difference among symbols from one to four are found. Then, a frequency error detection circuit 9 respectively detects the phase errors of symbol intervals from one to four from these phase difference signals and among these errors, the phase error signal of the symbol interval, which is not zero but is narrowest, is selectively outputted as a frequency error signal. Then, even based



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-232917

(43) 公開日 平成9年(1997)9月5日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 3 J 7/02

H 0 3 J 7/02

H 0 4 B 7/01

H 0 4 B 7/01

H 0 4 L 27/227

H 0 4 L 27/22

B

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平8-38104

(22) 出願日

平成8年(1996)2月26日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 木村 泰之

東京都日野市旭が丘3丁目1番地の1 株

式会社東芝日野工場内

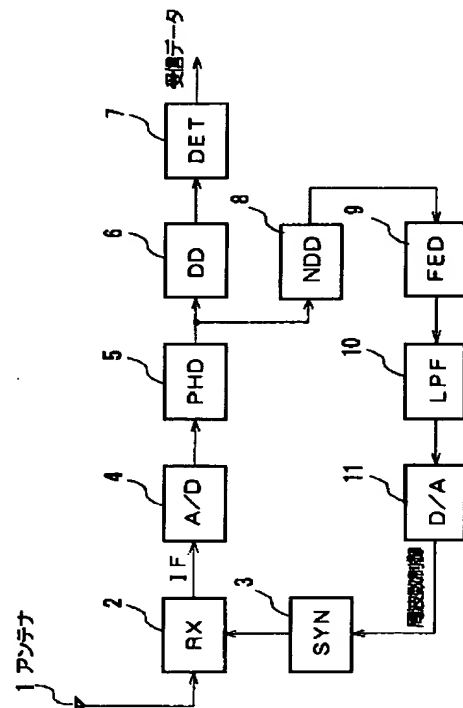
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 周波数補償機能を備えた無線通信装置

(57) 【要約】

【課題】 位相検出回路の量子化レベル以下の位相誤差についても補正を行なう周波数補償機能を備えた無線通信装置を提供する。

【解決手段】 基地局から無線通信信号は、アンテナ1を介して受信回路2に入力され、ここで周波数シンセサイザ3の受信局発振信号を用いて中間周波信号に変換され、A/D変換器4でサンプリングされたのち位相検出回路5に入力され受信信号の位相が検出される。ここで検出された位相は、nシンボル位相差検出回路8に入力され、1～4シンボル位相差の位相差信号が求められる。そして、これらの位相差信号から、周波数誤差検出回路9が1から4シンボル間隔の位相誤差を各々検出し、このうち零でなくおかつ最も狭いシンボル間隔の位相誤差信号を選択的に周波数誤差信号として出力する。そして、この周波数誤差信号に基づいても周波数誤差が補正するようにしたものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シンボル単位で位相変調された受信信号を量子化したのち位相を検出する位相検出手段と、この位相検出手段で検出された位相より、1からn（nは自然数）までの異なるシンボル間の位相差をそれぞれ検出し、これらの位相差に基づいて前記異なるシンボル間の基準位相に対する位相誤差を検出するn個の位相誤差検出手段と、

このn個の位相誤差検出手段にて検出されたn個の位相誤差を選択的に使用して前記受信信号の周波数誤差を補正する周波数誤差補正手段とを具備したことを特徴とする周波数補償機能を備えた無線通信装置。

【請求項2】 前記周波数誤差補正手段は、前記位相誤差検出手段により検出されたn個の位相誤差の中からキャプチャレンジ内で最大の位相誤差を選択し、この選択した位相誤差に基づいて、前記受信信号の周波数誤差を補正することを特徴とする請求項1に記載の周波数補償機能を備えた無線通信装置。

【請求項3】 前記周波数誤差補正手段は、前記n個の位相誤差の中から選択した位相誤差に基づいて、前記位相検出手段にて検出された位相に対する補正を行なうことにより前記周波数誤差成分を除去することを特徴とする請求項1または2に記載の周波数補償機能を備えた無線通信装置。

【請求項4】 前記位相検出手段にて検出された位相に基づいて所定のシンボル間の位相差を検出する遅延検波手段を備える場合に、前記周波数誤差補正手段は、前記n個の位相誤差の中から選択した位相誤差信号に基づいて、前記遅延検波手段\*

$$\theta d = 2\pi \cdot f d \cdot T \quad [rad]$$

【0005】 このように周波数誤差が位相誤差としてあらわれて誤り率が劣化するため、AFC（自動周波数制御）ループにより周波数誤差を補償し、誤り率の改善を図っている。

【0006】 以下、図8を参照して、AFCループによって周波数誤差の補正を行なう周波数補償機能を備えた従来の無線通信装置について説明する。図8は、従来の無線通信装置の構成を示すものである。

【0007】 図示しない基地局から無線通話チャネルを介して送られた無線通信信号は、アンテナ1を介して受信回路（RX）2に入力される。そして、ここで周波数シンセサイザ（SYN）3から入力される受信局発振信号と合成されて中間周波信号に変換される。

【0008】 そして、この受信中間周波信号は、A/D変換器4でサンプリングされたのち位相検出回路（PHD）5に入力され、この位相検出回路5で受信信号の位相が検出される。ここで検出された位相は、遅延検波回路（DD）6に入力される。

【0009】 遅延検波回路6は、位相検出回路5によって検出された位相に基づいて1シンボル間の位相差を検

\*にて検出された位相差に対する補正を行なうことにより前記周波数誤差成分を除去することを特徴とする請求項1または3に記載の周波数補償機能を備えた無線通信装置。

【請求項5】 前記周波数誤差補正手段に入力される前記n個の位相誤差検出手段にて検出されたn個の位相誤差の各々に対して、重み付けを行なう重み付け手段を備えたことを特徴とする請求項1に記載の周波数補償機能を備えた無線通信装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、例えばデジタル無線電話装置のように、周波数補償機能を備えた無線通信装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 無線通信装置の受信信号の検波回路の1つとして遅延検波回路がある。この検波回路は、位相同期した搬送波の再生を必要としないため、移動通信環境のように受信信号の位相がランダムに変動する状況に適した検波回路である。しかし、遅延検波回路は、送信信号の周波数と受信機のローカル発振器の周波数との間にずれがあると誤り率が劣化する。

【0003】 例えば、シンボル間隔Tの受信信号について遅延検波を行なう場合に、周波数誤差がf d [Hz]であったとすると、1シンボル位相差検出を行なう遅延検波回路後の信号点には、以下に示す位相誤差θ dが生じる。

## 【0004】

## 【数1】

$$\dots (1)$$

出し、求めた位相差を判定回路（DET）7および周波数誤差検出回路（FED）9に入力する。これに対し、判定回路7は、検出された上記位相差のクロック同期を確立し、受信データの判定を行なう。

【0010】 一方、周波数誤差検出回路9は、上記位相差から周波数誤差を検出する。そして、この検出結果は、ローパスフィルタ（LPF）10にて帯域制限されたのちD/A変換器11によりアナログデータに変換され、周波数シンセサイザ3に入力される。

【0011】 周波数シンセサイザ3は、周波数誤差検出回路9にて検出された周波数誤差に応じた周波数の受信局発振信号を生成し、受信回路2に入力する。このように、周波数補償機能を備えた従来の無線通信装置では、位相検出回路5によって検出された位相に基づいて遅延検波回路6が位相差を検出し、この検出結果を評価基準として受信信号の周波数誤差を補正するようにしている。

【0012】 すなわち、式（1）の位相誤差θ dの検出精度は、位相検出回路5の位相の量子化レベル（分割数）に依存している。このため、この量子化レベル以下

の位相誤差は量子化によって切り捨てられ、位相誤差として検出されず補正されないという問題がある。

【0013】例えば、 $\pi/4$ シフトQPSKで位相変調された信号において周波数誤差が $1/32$  ( $2\pi/32$  [rad]) の場合について考える。この誤差を検出するためには、位相検出回路5の検出能力は $2\pi/32$  [rad] 以上の分解能を必要とする。

【0014】つまり、図4に示すように、位相検出回路5が $\pi/4$ シフトQPSKで位相変調された信号の位相を検出する場合に、 $2\pi$  [rad] の位相平面を32以上に分割する能力を持てば、 $1/32$ の周波数誤差を検出することができる。

【0015】しかし、32未満の分割能力の場合には、 $1/32$  (3.125%) の周波数誤差を検出することができない。このため、この場合には、検出された位相信号には、最大3.125%の周波数誤差をもったまま復号されることになり、誤り率特性は大きく劣化する。

【0016】これに対し、従来より位相検出をIF帯で行なうことにより検出精度を上げ、誤り率を許容できる範囲まで向上させるという方法が考えられていた。しかし、このような手法による検出精度の改善には、非常に高速なクロックが必要となり、実現が困難であった。

【0017】また、位相検出をベースバンド直交信号で行なうことによって検出精度を上げるという方法も考えられているが、このような手法ではA/D変換器の精度を十分に上げる必要が生じた。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】従来の周波数補償機能を備えた無線通信装置では、位相検出回路の量子化レベル以下の位相誤差はその量子化によって切り捨てられ、位相誤差として検出されず補正されないという問題がある。

【0019】この発明は上記の問題を解決すべくなされたもので、位相検出回路の量子化レベル以下の位相誤差についても補正を行なって、誤り率の改善を図ることが可能な周波数補償機能を備えた無線通信装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、この発明に係る周波数補償機能を備えた無線通信装置は、シンボル単位で位相変調された受信信号を量子化したのち位相を検出する位相検出手段と、この位相検出手段で検出された位相より、1からn (nは自然数) までの異なるシンボル間の位相差をそれぞれ検出し、これらの位相差に基づいて異なるシンボル間の基準位相に対する位相誤差を検出するn個の位相誤差検出手段と、このn個の位相誤差検出手段にて検出されたn個の位相誤差を選択的に使用して受信信号の周波数誤差を補正する周波数誤差補正手段とを具備して構成するようにした。

【0021】上記構成の周波数補償機能を備えた無線通信装置では、1からnまでの異なるシンボル間の位相差をそれぞれ検出し、これら複数の位相差に基づいて基準位相に対する位相誤差を検出し、この位相誤差に基づく周波数誤差を補正するようにしている。すなわち、1シンボル間の位相差からでは位相誤差が量子化レベル以下のために検出されない場合でも、a (2以上n以下の自然数) シンボル間の位相差からはa倍され量子化レベルを越えた位相誤差が検出されることになる。したがって、位相検出手段の量子化レベル以下の位相誤差についても検出して、この誤差に対応する周波数誤差を補正することができる。

【0022】また、この発明では、周波数誤差補正手段において、位相誤差検出手段により検出されたn個の位相誤差の中からキャプチャレンジ内で最大の位相誤差を選択し、この選択した位相誤差に基づいて、受信信号の周波数誤差を補正するようにした。したがって、周波数誤差の補正に使用する位相誤差はキャプチャレンジを越えるものが選択されないため周波数誤差の補正動作が安定し、その結果、速やかに周波数誤差の補正を行なうことが可能となる。

【0023】また、この発明では、周波数誤差補正手段において、n個の位相誤差の中から選択した位相誤差に基づいて、位相検出手段にて検出された位相に対する補正を行なうことにより周波数誤差成分を除去するようにしたことも特徴としている。

【0024】さらに、この発明では、位相検出手段にて検出された位相に基づいて所定のシンボル間の位相差を検出する遅延検波手段を備える場合に、周波数誤差補正手段において、n個の位相誤差の中から選択した位相誤差信号に基づいて、遅延検波手段にて検出された位相差に対する補正を行なうことにより周波数誤差成分を除去することも特徴としている。

【0025】またさらに、この発明では、重み付け手段を備えて、周波数誤差補正手段に入力されるn個の位相誤差検出手段にて検出されたn個の位相誤差の各々に対して、重み付けを行なうことも特徴としている。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施形態について説明する。なお、以下の説明では、 $\pi/4$ シフトQPSKで位相変調された信号を受信する場合を例に説明する。

【0027】まず、図1を参照して、この発明の第1の実施形態に係る周波数補償機能を備えた無線通信装置について説明する。図1は、その構成を示すブロック回路図である。図示しない基地局から無線通話チャネルを介して送られた無線通信信号は、アンテナ1を介して受信回路(RX)2に入力され、ここで周波数シンセサイザ(SYN)3から出力される受信局部発振信号と合成されて中間周波信号に変換される。

【0028】そして、この受信中間周波信号は、A/D変換器4でサンプリングされたのち位相検出回路(PHD)5に入力され、この位相検出回路5で受信信号の位相が検出される。ここで検出された位相は、遅延検波回路(DD)6およびnシンボル位相差検出回路(ND)8に入力される。

【0029】遅延検波回路6は、位相検出回路5によって検出された位相に基づいて1シンボル間の位相差を検出し、求めた位相差を判定回路(DET)7に入力する。これに対し、判定回路7は、検出された上記位相差のクロック同期を確立し、受信データの判定を行なう。一方、nシンボル位相差検出回路8は、位相検出回路5によって検出された位相に基づいて複数シンボル間の位相差を検出するものである。

【0030】以下、図2を参照して、nシンボル位相差検出回路8について説明する。図3は、その構成例を示すブロック回路図である。nシンボル位相差検出回路8は、遅延器81~84と減算器85~88とを備えている。位相検出回路5によって検出された位相信号は、遅延器81と、減算器85~88の各被減算入力端子とにそれぞれ入力される。

【0031】遅延器81は、入力される位相信号をそれぞれ1シンボル間隔に相当する時間だけ遅延させ、遅延器82に入力する。同様に遅延器82は遅延器83に、遅延器83は遅延器84に、それぞれ入力される位相信号を1シンボル間隔に相当する時間だけ遅延させて入力する。また、遅延器84は、入力される位相信号を上記時間だけ遅延させて減算器88の減算入力端子に入力する。

【0032】減算器85、86、87、88は、各々遅延器81、82、83、84に対応しており、それぞれ対応する遅延器にて遅延された位相信号が減算入力端子\*

$$\theta_{nd} = 2\pi \cdot n \cdot f_d \cdot T \quad [\text{rad}] \quad \dots (2)$$

【0037】重み付け回路92は、重み付け器(WT)921~(WT4)924からなる。重み付け器921、922、923、924は、各々位相誤差信号 $\theta_{1d}$ 、 $\theta_{2d}$ 、 $\theta_{3d}$ 、 $\theta_{4d}$ に対応しており、対応する位相誤差信号に対して重み付けを行なう。重み付けされた位相誤差信号 $\theta_{1d}$ ~ $\theta_{4d}$ は、動作制御回路93に入力される。

【0038】動作制御回路93は、動作制御器(NOGO)931~(NOGO4)934からなる。動作制御器931は、重み付け器921によって重み付けされた位相誤差信号 $\theta_{1d}$ が入力される。そして、位相誤差信号 $\theta_{1d}$ が零以外の時に位相誤差信号 $\theta_{1d}$ を加算器94に出力し、零の時(1シンボル間からは位相誤差が検出されない)は何も出力しない。

【0039】動作制御器932は、各々重み付け器921、922によってそれぞれ重み付けされた位相誤差信号 $\theta_{1d}$ および位相誤差信号 $\theta_{2d}$ が入力される。そして、

\*に入力される。そして、各減算器85~88は、被減算入力端子に入力される位相信号から減算入力端子に入力される位相信号を減算する。

【0033】これにより、減算器85、86、87、88は、各々1シンボル位相差、2シンボル位相差、3シンボル位相差、4シンボル位相差の位相差信号を求める。このようにして求められた4つの位相差信号は、周波数誤差検出回路(FED)9に入力される。

【0034】次に、図3を参照して周波数誤差検出回路9について説明する。図3は、その構成例を示すブロック回路図である。周波数誤差検出回路9は、位相誤差検出回路(PED)91、重み付け回路(WT)92、動作制御回路(NOGO)93および加算器94を備えている。また、位相誤差検出回路91は、シンボル間位相誤差検出器(PED1)911~(PED4)914からなる。シンボル間位相誤差検出器911、912、913、914は、各々1シンボル位相差、2シンボル位相差、3シンボル位相差、4シンボル位相差の位相差信号に対応しており、対応する位相差信号からデータ成分を差し引いて位相誤差のみを抽出し、各々位相誤差信号 $\theta_{1d}$ 、 $\theta_{2d}$ 、 $\theta_{3d}$ 、 $\theta_{4d}$ として出力する。

【0035】すなわち、位相誤差信号 $\theta_{nd}$ ( $n=1\sim 4$ )はnシンボル間の位相誤差を示すもので、理論上これに対応する周波数誤差は1シンボル間の位相誤差に対応する周波数誤差( $f_d$ )のn倍である。このため、位相誤差信号 $\theta_{nd}$ は、n倍の周波数誤差( $n \times f_d$ )と以下の式(2)に示すような関係を有するものである。なお、各位相誤差信号は、重み付け回路92に入力される。

【0036】

【数2】

位相誤差信号 $\theta_{1d}$ が零であって、なおかつ位相誤差信号 $\theta_{2d}$ が零以外の時(2シンボル間から位相誤差が検出される)に位相誤差信号 $\theta_{2d}$ を加算器94に出力し、零の時(2シンボル間からは位相誤差が検出されない)は何も出力しない。

【0040】同様に、動作制御器933は、各々重み付け器922、923によってそれぞれ重み付けされた位相誤差信号 $\theta_{2d}$ および位相誤差信号 $\theta_{3d}$ が入力される。そして、位相誤差信号 $\theta_{2d}$ が零であって、なおかつ位相誤差信号 $\theta_{3d}$ が零以外の時(3シンボル間から位相誤差が検出される)に位相誤差信号 $\theta_{3d}$ を加算器94に出力し、零の時(3シンボル間からは位相誤差が検出されない)は何も出力しない。

【0041】同様に、動作制御器934は、各々重み付け器923、924によってそれぞれ重み付けされた位相誤差信号 $\theta_{3d}$ および位相誤差信号 $\theta_{4d}$ が入力される。そして、位相誤差信号 $\theta_{3d}$ が零であって、なおかつ位相

誤差信号  $\theta_{4d}$  が零以外の時（4 シンボル間から位相誤差が検出される）に位相誤差信号  $\theta_{4d}$  を加算器 9 4 に出力し、零の時（4 シンボル間からは位相誤差が検出されない）は何も出力しない。

【0042】加算器 9 4 は、動作制御回路 9 3 から出力された位相誤差信号を周波数誤差信号としてローパスフィルタ（LPF）10 に入力する。すなわち、周波数誤差検出回路 9 は、1 から 4 シンボル間隔の位相誤差を各々検出し、このうち零でなくおかつ最も狭いシンボル間隔の位相誤差信号を選択的に周波数誤差信号として出力する。

【0043】このようにして検出された周波数誤差信号は、ローパスフィルタ 10 によって帯域制限されたのち、D/A 変換器 11 によりアナログデータに変換され、周波数シンセサイザ 3 に入力される。周波数シンセサイザ 3 は、周波数誤差検出回路 9 にて検出された周波数誤差に応じた周波数の受信局発振信号を生成し、受信回路 2 に入力する。

【0044】以上のように、上記構成の周波数補償機能を備えた無線通信装置では、位相誤差が位相検出回路 5 の量子化レベル以下のために周波数誤差検出回路 9 が 1 シンボル間の位相差からでは周波数誤差（位相誤差）が検出できない（ $\theta_{1d}=0$ ）場合に、 $n$  シンボル位相差検出回路 8 にて求めた 2 シンボル間の位相差から周波数誤差を検出する。

【0045】そして、2 シンボル間の位相差からでは周波数誤差が検出されない（ $\theta_{2d}=0$ ）場合には 3 シンボル間の位相差から周波数誤差を、さらに、3 シンボル間の位相差からでは周波数誤差が求められない（ $\theta_{3d}=0$ ）場合には 4 シンボル間の位相差から周波数誤差を、というように、周波数誤差の検出の基となる位相差をシンボル間隔の長いものに徐々に切り替えるようにしている。

【0046】すなわち、短いシンボル間隔では、位相検出回路 5 の量子化レベルに応じて切り捨てられてしまう位相誤差についても、より長いシンボル間隔にわたって生じる位相誤差を検出するようにしている。このため、位相検出回路 5 の量子化レベル以下の位相誤差についても補正を行なって、誤り率の改善することができる。

【0047】例えば、位相検出回路 5 の検出できる最小の位相が図 4 に示すように  $2\pi/32$  [rad]（位相分割数が 32）であっても、最大 4 シンボル間の位相差を用いることにより  $2\pi/128$  [rad]（位相分割数が 128）、すなわち約 0.78 までの周波数誤差を検出することができる。

【0048】また、上記構成の周波数補償機能を備えた無線通信装置では、周波数誤差の検出の基となる位相差をシンボル間隔の短いものから長いものに徐々に切り替えるようにしているため、検出可能な最大周波数誤差（キャプチャレンジ）を越えないように周波数誤差を検

出することができる。

【0049】さらに、重み付け回路 9 2 により位相誤差検出回路 9 1 で求めた位相誤差信号  $\theta_{1d} \sim \theta_{4d}$  に対して、各々重み付けを行なうようにしているため、シンボル間位相誤差検出器 9 11 ~ 9 14 間の感度調整を行なうことができる。例えば、重み付け器 9 21, 9 22, 9 23, 9 24 の各重みを（8 : 4 : 2 : 1）に設定すれば、シンボル間位相誤差検出器 9 11 ~ 9 14 の各感度を同じに設定することができる。

【0050】尚、この発明は上記実施の形態に限定されるものではない。例えば、上述の周波数補償機能を備えた無線通信装置では、A/D 変換器 4 および位相検出回路 5 によって、受信信号をディジタル信号に変換したのち、その位相を検出するようにしているが、直交復調器を用いて復調した結果から位相を検出するようにしてもよい。

【0051】以下、図 5 を参照してその一例を説明する。なお、前述の第 1 の実施形態に示した周波数補償機能を備えた無線通信装置と同一部分については同一符号を付して示し、ここでは異なる部分を中心に述べる。

【0052】図示しない基地局から無線通話チャネルを介して送られた無線通信信号は、アンテナ 1 を介して受信回路（RX）21 に入力され、ここで周波数シンセサイザ 3 から出力される受信局発振信号と合成されてベースバンド信号に変換される。この変換結果は、直交復調器 12 に入力される。

【0053】直交復調器 12 は、上記ベースバンド信号に対してベースバンド直交検波を行ない、I 成分と Q 成分に分けた検波結果を各々 A/D 変換器 41, 42 に入力する。I 成分と Q 成分の検波結果は、各々 A/D 変換器 41, 42 にてサンプリングされたのち位相検出回路（PHD）51 に入力され、この位相検出回路 51 で受信信号の位相が検出される。ここで検出された位相は、遅延検波回路 6 および  $n$  シンボル位相差検出回路 8 に入力される。

【0054】以上のような構成の周波数補償機能を備えた無線通信装置によっても、前述の第 1 の実施の形態と同様の効果を得ることができる。また、第 1 の実施の形態に比べ、使用する A/D 変換器の語長を短くすることができるため、装置の小型化および省電力化に寄与することができる。

【0055】次に、図 6 を参照してこの発明の第 2 の実施形態に係わる周波数補償機能を備えた無線通信装置について説明する。なお、前述の第 1 の実施形態に示した周波数補償機能を備えた無線通信装置と同一部分については同一符号を付して示し、ここでは異なる部分を中心に述べる。

【0056】図示しない基地局から無線通話チャネルを介して送られた無線通信信号は、アンテナ 1 を介して受信回路 2 に入力され、ここで周波数シンセサイザ（SY

10

20

30

40

50

N) 31から出力される受信局部発振信号と合成されて中間周波信号に変換される。

【0057】そして、この受信中間周波信号は、A/D変換器4でサンプリングされたのち位相検出回路5に入力され、この位相検出回路5で受信信号の位相が検出される。ここで検出された位相は、減算器13の被減算入力端子に入力される。一方、減算入力端子には、後述のデジタル電圧制御発振器(D-VCO)14の出力信号が入力され、上記位相検出回路5の位相検出結果からデジタル電圧制御発振器14の出力信号が減算される。この減算結果は、遅延検波回路6およびnシンボル位相差検出回路8に入力される。

【0058】nシンボル位相差検出回路8は、第1の実施の形態で説明したように、複数シンボル間の位相差を検出し、この検出結果を周波数誤差検出回路9に入力する。また、周波数誤差検出回路9についても第1の実施の形態と同様に、零でなくなおかつ最も狭いシンボル差の位相誤差信号を選択的に周波数誤差信号として出力する。

【0059】この周波数誤差信号は、ローパスフィルタ10を介してデジタル電圧制御発振器14に入力される。そして、このデジタル電圧制御発振器14により上記周波数誤差に応じた周波数の信号が生成され、前述の減算器13の減算入力端子に入力される。減算器13は、前述の位相検出回路5の位相検出結果からデジタル電圧制御発振器14の出力信号を減算することにより、周波数誤差成分を除去する。

【0060】以上のように、上記構成の周波数補償機能を備えた無線通信装置では、AFCループをすべてデジタル信号で構成して周波数誤差成分を除去するようにしている。このように構成した周波数補償機能を備えた無線通信装置によれば、D/A変換器やアナログ信号で動作する電圧制御発振器等の高価な回路を必要としないため、コストの削減に寄与することができる。

【0061】次に、図7を参照してこの発明の第3の実施形態に係わる周波数補償機能を備えた無線通信装置について説明する。なお、前述の第2の実施形態に示した周波数補償機能を備えた無線通信装置と同一部分については同一符号を付して示し、ここでは異なる部分を中心に述べる。

【0062】図示しない基地局から無線通話チャネルを介して送られた無線通信信号は、アンテナ1を介して受信回路2に入力され、ここで周波数シンセサイザ(SYN)31から出力される受信局部発振信号と合成されて中間周波信号に変換される。

【0063】そして、この受信中間周波信号は、A/D変換器4でサンプリングされたのち位相検出回路5に入力され、この位相検出回路5で受信信号の位相が検出される。

【0064】位相検出回路5にて検出された位相信号

は、遅延検波回路6およびnシンボル位相差検出回路8に入力される。遅延検波回路6は、上記位相信号に基づいて1シンボル間の位相差を検出し、求めた位相差を減算器15の被減算入力端子に入力する。

【0065】一方、nシンボル位相差検出回路8は、第1の実施の形態で説明したように複数シンボル間の位相差を検出し、この検出結果を周波数誤差検出回路9に入力する。周波数誤差検出回路9についても第1の実施の形態と同様に、零でなくなおかつ最も狭いシンボル差の位相誤差信号を選択的に周波数誤差信号として出力する。この周波数誤差信号は、ローパスフィルタ10を介して減算器15の減算入力端子に入力される。

【0066】減算器15は、前述の遅延検波回路6で検出した位相差信号から、nシンボル位相差検出回路8および周波数誤差検出回路9によって生成された周波数誤差信号を減算することにより、周波数誤差の成分を除去する。この結果は、判定回路7に入力され、クロック同期が確立されたのち受信データの判定が行なわれる。

【0067】以上のように、上記構成の周波数補償機能を備えた無線通信装置では、自動周波数制御を行なうフィードバックループを構成せずに、遅延検波回路6で検出した位相差信号から周波数誤差成分を除去するようにしている。このように構成した周波数補償機能を備えた無線通信装置によれば、受信信号に含まれるノイズ等によって発生するループ発散の虞がないため、ローパスフィルタ10を簡素化することができる。また、この場合、電圧制御発振器が不要である。

【0068】なお、以上の説明では、動作制御回路93は、複数検出される位相誤差信号のうち零でなくなおかつ最も狭いシンボル間隔の位相誤差信号を選択するようにしている。しかし、位相誤差信号の選択方法は、これに限定されるものではない。

【0069】例えば、重み付け回路92からの4つの位相誤差信号を監視し、これらの位相誤差信号のうちキャプチャレンジ内で最大の位相誤差を選択するようにしてもよい。

【0070】また、以上の説明では、 $\pi/4$ シフトQPSKで位相変調された信号を受信する場合を例に説明したが、他の方法によって位相変調された信号を受信する場合についても適用することが可能であることはいうまでもない。その他、この発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変形を施しても同様に実施可能であることはいうまでもない。

【0071】

【発明の効果】以上述べたように、この発明では、n個の位相誤差検出手段と、周波数誤差補正手段とを新たに設け、1からn(nは自然数)までの異なるシンボル間の位相差をそれぞれ検出し、これらの位相差に基づいて異なるシンボル間の基準位相に対する位相誤差を検出する。そして、検出されたn個の位相誤差を選択的に使用

して受信信号の周波数誤差を補正するようにしている。

【0072】したがって、この発明によれば、位相検出回路の量子化レベル以下の位相誤差についても補正を行なって、誤り率の改善を図ることが可能な周波数補償機能を備えた無線通信装置を提供できる。

【００７３】また、この発明では、周波数誤差補正手段において、位相誤差検出手段により検出された $n$ 個の位相誤差の中からキャプチャレンジ内で最大の位相誤差を選択し、この選択した位相誤差に基づいて、受信信号の周波数誤差を補正するようにした。

【００７４】したがって、周波数誤差の補正に使用する位相誤差はキャプチャレンジを越えるものが選択されないため、速やかに周波数誤差の補正を行なうことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】この発明に係わる周波数補償機能を備えた無線通信装置の第１の実施の形態の構成を示す回路ブロック図。

【図２】図１に示した無線通信装置の $n$ シンボル位相差検出回路の構成を示す回路ブロック図。

【図３】図１に示した無線通信装置の周波数誤差検出回路の構成を示す回路ブロック図。

【図4】図1に示した無線通信装置の位相検出回路の位相検出能力を説明するための位相平面図。

【図5】図1に示した無線通信装置に直交復調器を用いた場合の構成を示す回路ブロック図。

【図 6】この発明に係わる周波数補償機能を備えた無線通信装置の第 2 の実施の形態の構成を示す回路ブロック図。

【図 7】この発明に係わる周波数補償機能を備えた無線 \* 30

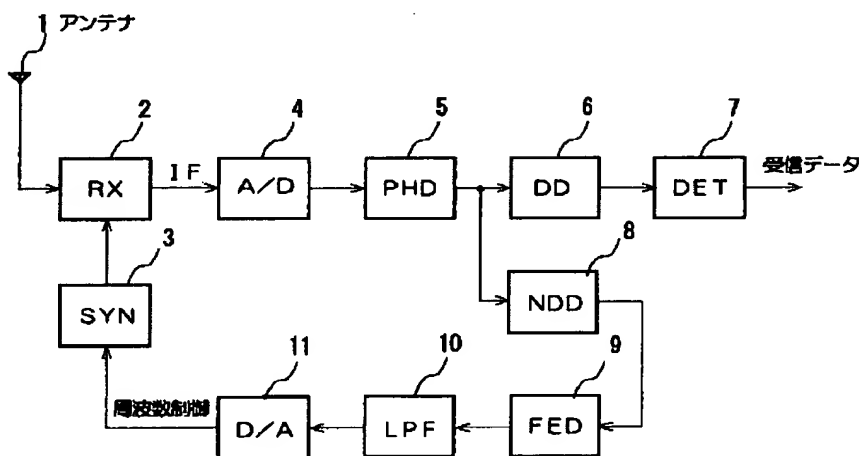
\* 通信装置の第 3 の実施の形態の構成を示す回路ブロック図。

【図 8】従来の周波数補償機能を備えた無線通信装置の構成を示す回路ブロック図。

【符号の説明】

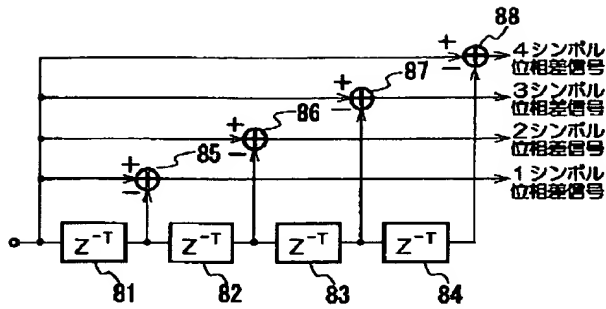
- 1…アンテナ
- 2, 2 1…受信回路 (RX)
- 3, 3 1…周波数シンセサイザ (SYN)
- 4, 4 1, 4 2…A/D変換器
- 10 5, 5 1…位相検出回路 (PHD)
- 6…遅延検波回路 (DD)
- 7…判定回路 (DET)
- 8…nシンボル位相差検出回路 (NDD)
- 8 1～8 4…遅延器
- 8 5～8 8…減算器
- 9…周波数誤差検出回路 (FED)
- 9 1…位相誤差検出回路 (PED)
- 9 1 1～9 1 4…シンボル間位相誤差検出器 (PED 1～4)
- 20 9 2…重み付け回路 (WT)
- 9 2 1～9 2 4…重み付け器 (WT 1～4)
- 9 3…動作制御回路 (NOGO)
- 9 3 1～9 3 4…動作制御器 (NOGO 1～4)
- 9 4…加算器
- 1 0…ローパスフィルタ (LPF)
- 1 1…D/A変換器
- 1 2…直交復調器
- 1 3, 1 5…減算器
- 1 4…ディジタル電圧制御発振器 (D-VCO)

【图 1】

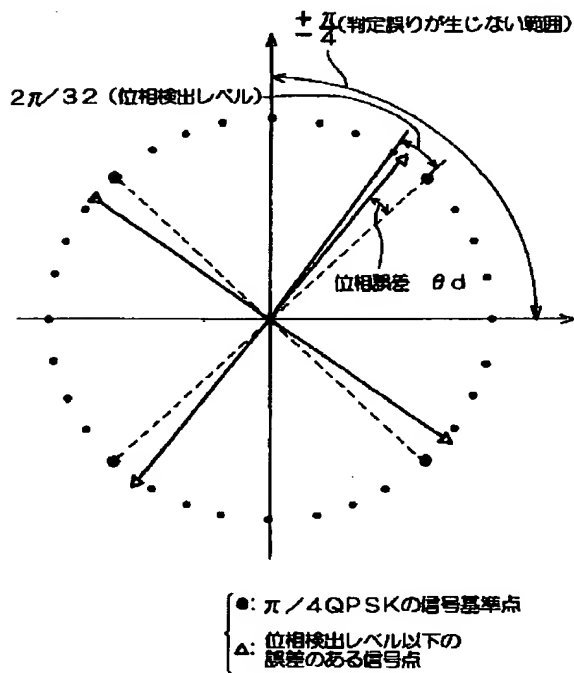




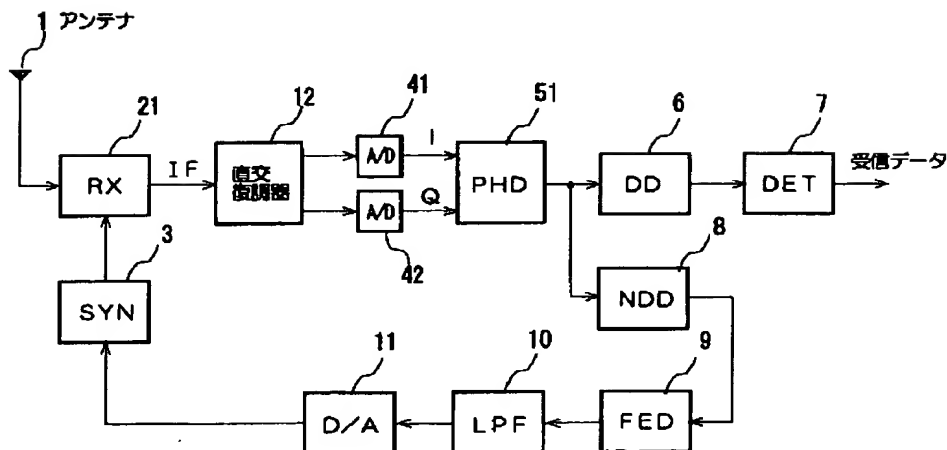
【図 2】



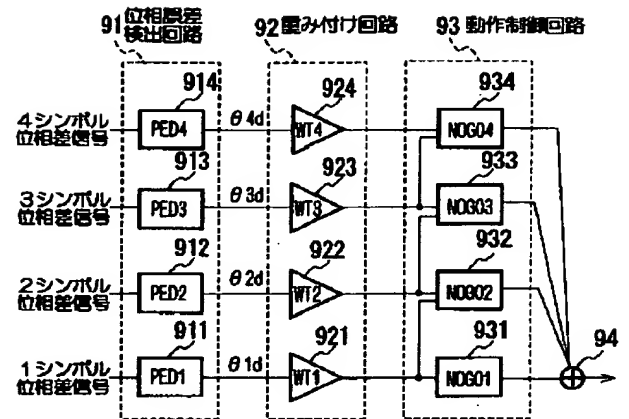
【図 4】



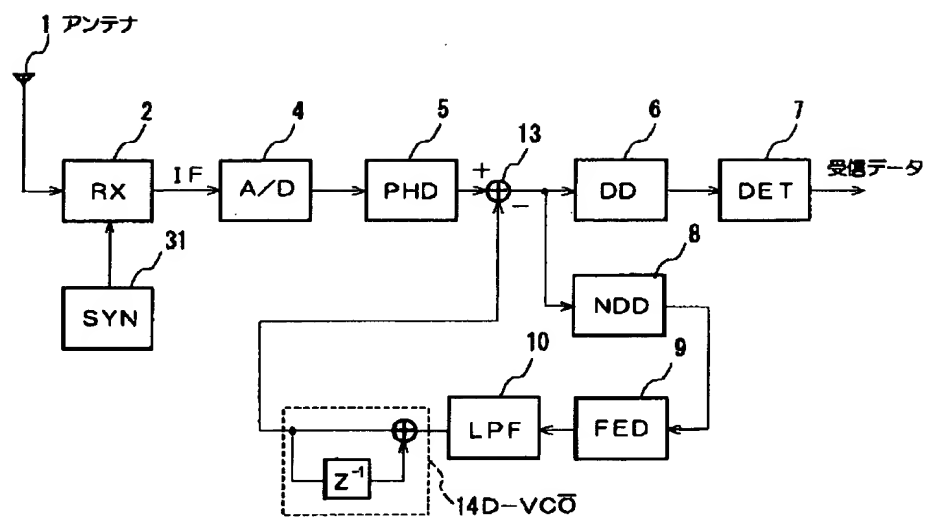
【図 5】



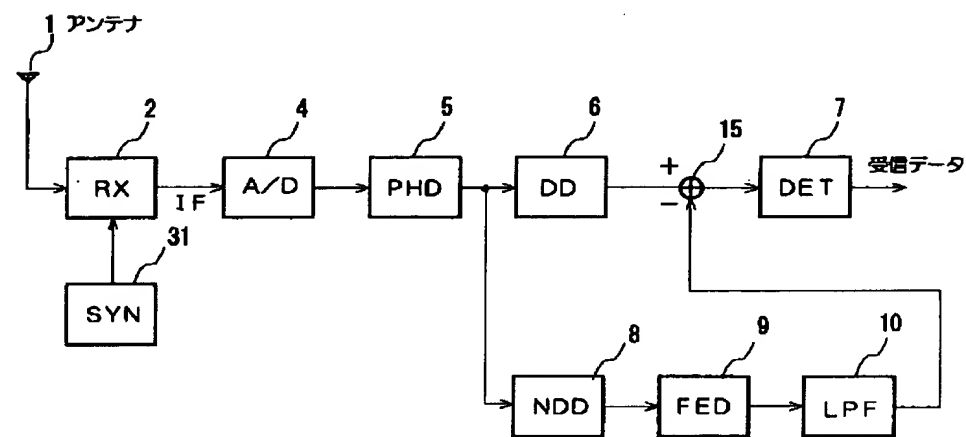
【図 3】



【図6】



【図7】



【図8】

